

ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОСВОЕНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Аннотация: перспективным для восполнения убывающих запасов цветных и драгоценных металлов является освоение медно-порфировых месторождений. Большие запасы меди и попутных элементов в первую очередь золото, серебра, молибдена повышают экономическую целесообразность освоения таких месторождений. Освоение месторождений в определенной последовательности обуславливает необходимость применения многофакторных моделей оценки освоения. Комплексные модели оценки формируют унифицированный подход применительно к каждому месторождению. Модели отражают особенности географического расположения, наличия инфраструктуры, особенности состава и физических свойств геологических тел объектов. Проведен анализ особенностей геолого-экономического анализа для выбора приоритетности освоения медно-порфировых месторождений. Сформулированы методические положения повышения эффективности организации освоения соответствующих геологических объектов. Данные подходы позволяют комплексно оценить параметры разработки месторождений с учетом инвестиционной привлекательности.

Ключевые слова: медно-порфировый тип месторождений, полезные ископаемые, геолого-экономическая оценка, комплексный анализ модели.

UDK: 65.011.4

A. S. Desyatkin,
A. B. Anisimova

ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF ORGANIZATION OF COPPER-PORPHYRE DEPOSITS DEVELOPMENT

Abstract: the development of copper-porphyry deposits is promising to fill the diminishing reserves of non-ferrous and precious metals. Large reserves of copper and associated elements, primarily gold, silver, molybdenum increase the economic feasibility of developing such deposits. The development of deposits in a certain sequence necessitates the preparation of multifactor models for the assessment of development. Comprehensive assessment models form a unified approach for each field. The models reflect the features of geographical location, availability of infrastructure, features of composition and physical properties of geological bodies of objects. The analysis of the geological and economic features for a choice of priority of development of copper-porphyry deposits is carried out. Methodical provisions of efficiency increase of the organization of development of the corresponding geological objects are formulated. These approaches make it possible to comprehensively assess the parameters of field development taking into account the investment attractiveness.

Keywords: copper-porphyry type of deposits, mineral resources, geological and economic assessment, comprehensive model estimation.

DOI: 10.22394/1997-4469-2019-47-4-153-159

Введение

Складывающаяся в настоящее время ситуация на рынке цветных и драгоценных металлов характеризуется увеличением дефицита качественных руд, как следствие, обосновывает необходимость пересмотра отношения к освоению новых горнопромышленных типов месторождений. Ухудшение структуры и качества разведанных запасов

приводит к трансформации всей минерально-сырьевой базы меди. На протяжении последних десятилетий отечественная сырьевая база меди, в отличие от большинства зарубежных, базировалась не на медно-порфировых месторождениях, а на объектах сульфидного медно-никелевого, стратиформного и колчеданного геолого-промышленных типов [1].

Одно из основных направлений увеличения ресурсной базы цветных и драгоценных металлов является вовлечение в отработку медно-порфировых месторождений. Медно-порфировые месторождения представляют собой крупные комплексные месторождения, размерами до первых километров, обладающие незначительными содержаниями и огромными запасами с низкой себестоимостью за счет открытой добычи (не менее 500 тыс. т меди и 150—200 т золота при средних содержаниях 0,5—1 % меди и 0,6—1 г/т золота). Такие месторождения содержат несколько полезных компонентов, которые целесообразно добывать и в дальнейшем реализовывать в различных отраслях экономики [2].

Основными направлениями дальнейшего развития минерально-сырьево-

го комплекса на ближайшую перспективу являются высокие перспективы освоения крупнообъемных медно-порфировых месторождений России — Томинское, Песчанка, Малмыж и Ак-Сук [3].

Анализ и оценка экономической эффективности организации освоения: критерии, факторы, механизм

Критерий оценки экономической эффективности организации освоения медно-порфировых месторождений представляет собой отношение величины дисконтированных доходов к величине дисконтированных затрат в период извлечения полезных ископаемых с учетом комплексной оценки влияния факторов внешней среды.

$$\mathcal{E}_i = \frac{\sum_t \sum_m Q_{it} G_{im} C_{mt} \frac{1}{(1+e)^t}}{\sum_t (K_{it}^{осн} + K_{it}^{об} + K_{it}^{пр.инф.} + K_{it}^{соц.инф.}) \frac{1}{(1+e)^t}} F_i, \quad (1)$$

где i — индекс (номер) медно-порфирового месторождения; m — индекс полезного компонента; t — индекс времени, год; $\mathcal{E}_i$ — показатель экономической эффективности освоения медно-порфировых месторождений, доли ед.; Q_{it} — объем промышленных запасов, м³; G_{im} — коэффициент содержания полезного компонента, кг/м³; C_{mt} — рыночная цена полезного компонента руб. за кг; e — ставка дисконтирования инвестиционного банка, доли ед.; $K_{it}^{осн}$ — величина капитальных затрат, необходимых для освоения месторождения, руб.; $K_{it}^{об}$ — величина оборотных фондов, необходимых для освоения месторождения, руб.; $K_{it}^{пр.инф.}$ — величина капитальных затрат в производственную инфраструктуру, необходимую для освоения месторождения, руб.; $K_{it}^{соц.инф.}$ — величина капитальных затрат в социальную инфраструктуру, необходимую для освоения месторождения, руб.

В представленном критерии предполагается учитывать факторы как внутренней, так и внешней среды. При этом влияние факторов внутренней среды в выражении (1) представлено наиболее значимыми экономическими показателями предстоящих затрат и доходов предприятий, достаточно полно отражающих их влияние на эффек-

тивность освоения медно-порфировых месторождений. Влияние факторов внешней среды сопряжено с необходимостью учета комплекса качественно отличных друг от друга сфер влияния, с учетом значимости описывающих их факторов [4].

Поэтому для учета влияния факторов внешней среды был выполнен анализ их структуры и состава, результаты которого были положены в основу разработанной систематизация этих факторов представленной в табл. 1.

Для установления степени значимости влияния выявленных факторов на экономическую эффективность освоения различных медно-порфировых месторождений проведена экспертная оценка такого влияния.

Для установления степени значимости влияния выявленных факторов на эффективность различных медно-порфировых месторождений проведен экспертный опрос специалистов по строительству и эксплуатации горнорудных предприятий, горных экономистов, экологов, региональных администраций, менеджеров, ученых, бизнеса [7].

Для проведения оценок за основу приняты два вида оценок степени влияния факторов от 1 до 100 и от –1 до 100. При этом значе-

ния 1 и –1 — свидетельствуют об отсутствии или очень незначительном влиянии факторов; значения 100 и –100 — свидетельствуют о наиболее существенном влиянии фактора.

Результаты экспертной оценки влияния факторов на экономическую эффективность освоения различных медно-порфировых месторождений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка влияния факторов на стоимость создания горнопромышленных комплексов для освоения медно-порфировых месторождений

Факторы, влияющие на стоимость создания горнопромышленных комплексов для освоения комплексных медно-порфировых месторождений России	Название комплексных медно-порфиро- вых месторождения России							
	«1» Томин- ское	«2» Мал- мыжское	«3» Пес- чанка	«4» Ак- Сугское				
	Направленность влияния факторов: + повышения стоимости - понижения стоимости							
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Климатические								
— Среднегодовая температура воздуха	1		1			10		1
— Длительность снежного покрова	1		1			10		10
— Среднегодовой объем осадков		1		1		1		1
— Средняя скорость ветров		1		1		1		1
2. Рельефности местности								
— Горный		1		1		1		1
— Холмистый			1		1		1	
— Пологий	1		1		1		1	
— Высота над уровнем моря		1		1		1		5
3. Состояния инфраструктуры промышленной								
— ж/д	30		10			100		100
— автодороги	50		30			100		100
— ЛЭП	30		10			100		100
— сервисные (ремонтные) центры	10		1			20		20
4. Потенциала создания смежных производств								
— Горнодобывающего	10		10		10		1	
— Горно-перерабатывающего	10		10		10		1	
— Горно-металлургического	10		1			1		1
— Промышленного	30		1			1		1
5. Экологические								
— Загрязненность атмосферы		10		1		1		1
— Загрязненность водной среды		10		1		1		1
— Загрязненность земной поверхности		10		1		1		1
— Состояние литосферы		10		1		1		1
6. Социальной инфраструктуры								
— Потребность в жилом фонде	10			1		1		1
— Потребность в социально-культурных объектах	10			1		1		1
— Потребность в транспорте	10			1		1		1
— Потребность в коммуникациях	10			1		1		1
7. Экономические								
— Инвестиционный климат	100		100		100		100	
— Конкурентоспособность продукции	100		100		100		100	
— Потенциал господдержки (ГЧП)	30		50		100		100	
— Состояние рыночного спроса	100		100		100		100	
Сумма значений влияющих факторов	19	8	16	12	8	20	8	20
Количество влияющих факторов	27		28		28		28	
Интегральный показатель оценки влияния факторов	F ₁ = 1,19		F ₂ = 1,15		F ₃ = 1,02		F ₄ = 1,02	

В результате проведенных исследований установлено, что на стоимость освоения каждого из приведенных выше медно-порфировых месторождений значимость влияния зависит от различных сочетаний факторов, характеризующие особенности в этой сфере деятельности.

С целью учета совместного влияния выявленных факторов на стоимость освоения различных медно-порфировых месторождений принят показатель интегральной оценки влияния факторов (F_u), представленный в выражении:

$$F_u = 1 + \frac{\sum_d f_{ud}}{100D_u}, \quad (2)$$

где d — индекс (номер) фактора; f_{ud} — значение фактора, баллы; u — индекс (номер) рассматриваемого медно-порфирового месторождения; D_u — количество факторов, учитываемых при рассмотрении медно-порфирового месторождения, ед.

Таким образом, проведенные выше выбор и систематизация факторов, оказывающих влияние на стоимость проектов освоения медно-порфировых месторождений России позволяют осуществлять комплексный учет их влияния на стоимость таких проектов в этой сфере хозяйственной деятельности [5].

Учет природно-климатических, производственно-технологических, инфраструктурных, социальных, экологических и эконо-

мических особенностей районов расположения медно-порфировых месторождений следует осуществлять на основе систематизации влияющих факторов и показателей, позволяющих производить интегральную оценку их влияния [6].

В качестве инструмента для поиска экономически обоснованного порядка отработки участков медно-порфировых месторождений принят метод имитационного моделирования.

Для сравнительной оценки экономической эффективности отработки отдельных участков месторождения в разработанной экономико-математической модели предложено использовать показатель, представляющий собой соотношение, величины ожидаемых доходов, дисконтированных на период времени отработки исследуемого участка и дисконтированной величины, необходимых для этого затрат. Использование этого показателя для ранжирования порядка отработки участков месторождения предполагает поиск такого порядка их освоения, при котором экономическая эффективность будет последовательно снижаться [8].

В результате анализа условий и особенностей для поиска наиболее приоритетного из всех имеющихся участков медно-порфирового месторождения разработана экономико-математическая модель, в качестве целевой функции которой принято условие максимизации соотношения, дисконтируемых на период их отработки величин ожидаемых доходов и затрат.

$$\mathcal{E}_n = \frac{\sum_t \sum_m Q_{nt} G_{nm} \Pi_{mt} \frac{1}{(1+e)^t}}{\sum_t \left(K_{nt}^{осн} + K_{nt}^{об} + \frac{Q_n}{Q_i} (K_{it}^{пр.инф.} + K_{it}^{соц.инф.}) \right) \frac{1}{(1+e)^t}} \Rightarrow \max, \quad (3)$$

где n — индекс (номер) участка медно-порфирового месторождения; $\mathcal{E}_n$ — показатель экономической эффективности освоения участка медно-порфирового месторождения, доли ед.; Q_{nt} — объем промышленных запасов участка месторождения, м³; Q_i — объем промышленных запасов всего медно-порфирового месторождения, м³; G_{nt} — коэффициент содержания полезного компонента, кг/м³; Π_{mt} — рыночная цена полезного компонента руб. за кг; $K_{nt}^{осн}$ —

величина капитальных затрат, необходимых для освоения месторождений, руб.; $K_{nt}^{об}$ — величина оборотных фондов, необходимых для освоения месторождений, руб.; $K_{it}^{пр.инф.}$ — величина капитальных затрат в производственную инфраструктуру, необходимую для освоения месторождений, руб.; $K_{it}^{соц.инф.}$ — величина капитальных затрат в социальную инфраструктуру, необходимую для освоения месторождений, руб.

Для реализации целевой функции приняты следующие ограничения.

1. По условию не превышения объема производства полезного компонента (медь, золото, серебро, и др.) величина

$$Q_{nt} G_{nm} \leq \Delta Q_{\text{рын.м.т}}^{\text{прогн}} = f(...t....), \quad (4)$$

где $\Delta Q_{\text{рын.м.т}}$ — прирост объема рыночного спроса на полезные компоненты (медь, золото, серебро, и пр.), т.

(зависимость взять из собственных прогнозов в первой части авт.)

$$C_{nmt} \leq C_{mt}^{\text{прогн}} = f(...t....), \quad (5)$$

где $C_{mt}^{\text{прогн}}$ — прогнозная рыночная цена на полезный компонент, руб./кг.

(зависимость взять из собственных прогнозов в первой части авт.)

$$\Phi_{nt}^{\text{инв}} \geq K_{nt}^{\text{осн}} + K_{nt}^{\text{об}} + K_{nt}^{\text{пр.инф}} + K_{nt}^{\text{соц.инф}}, \quad (6)$$

$\Phi_{nt}^{\text{инв}}$ — объем инвестиционных средств необходимых для освоения участка медно-порфирного месторождения, руб.

Для получения возможности своевременного принятия решений по повышению эффективности организации освоения медно-порфирных месторождений предложен механизм, позволяющий определять приоритетные для разработки месторождения и их отдельные, рис. 2.

Работа предложенного механизма состоит из следующих этапов.

На первом этапе предполагается проведение анализа состояния запасов медно-порфирных месторождений; рынка цветных металлов; технологий добычи руд; промышленной и социальной инфраструктуры; экономической среды; экологии; климата и др.

На втором этапе формируются прогнозы по развитию рынков цветных металлов; уточняется состав медно-порфиновых месторождений выделенных фондом недр для введения в эксплуатацию.

На третьем этапе предусматривается процедура оценки комплексного влияния факторов на эффективность освоения месторождений.

На четвертом этапе осуществляется оценка эффективности освоения месторождений с использованием интегрально-

не объема, представляющего собой сумму объемов снижения поставок из закрывающихся рудников, плюс прирост рыночного спроса:

2. По условию не превышения прогнозной величины рыночной цены учитываемой при проведении оценки участков месторождений.

3. По условию обеспеченности инвестиционными ресурсами:

го критерия для их оценки и формирование рейтинга эффективности для очередности эксплуатации.

На пятом этапе выполняются проверка полноты рассмотрения выделенных для введения в освоение медно-порфировых месторождений.

На шестом этапе в выбранном на основе рейтинга эффективности формируются участки поэтапного освоения этого месторождения.

На седьмом этапе осуществляется проверка соответствия параметров участков месторождения ограничениям экономической модели.

На восьмом этапе выполняется оценка эффективности освоения участков месторождений с использованием экономической модели.

На девятом этапе производится проверка полноты рассмотрения всех участков медно-порфинового месторождения.

На десятом этапе производится формирование рейтинга последовательности введения в эксплуатацию для всех участков.

На одиннадцатом этапе осуществляется выбор и реализация процесса эксплуатации участков МПМ в соответствии с их рейтинговыми оценками.

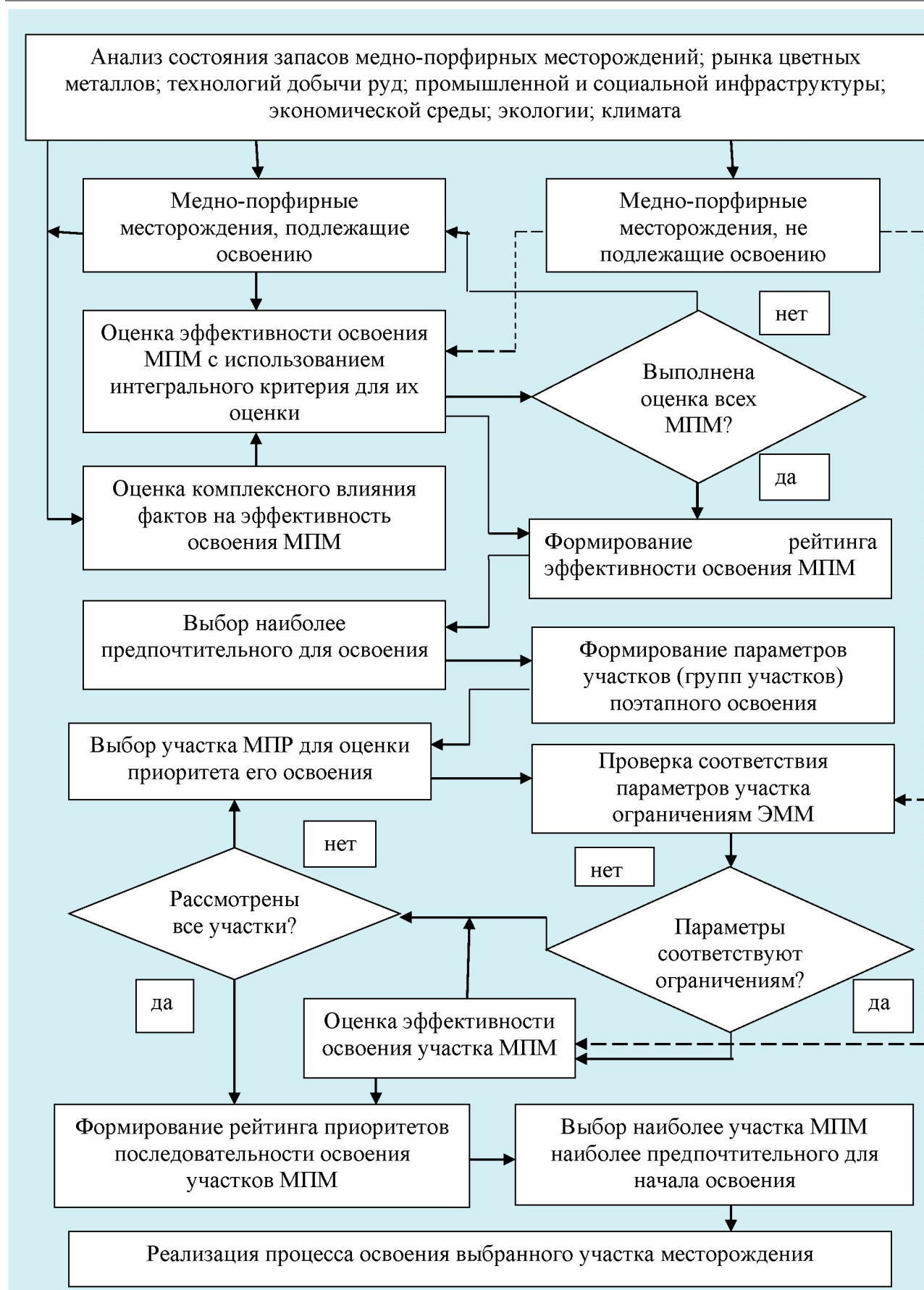


Рис. Организационно-экономический механизм повышения эффективности порядка освоения медно-порфирных месторождений

Выводы

Существенным резервом для развития минерально-сырьевой базы цветных и драгоценных металлов являются медно-порфировые месторождения, в основном расположенные в районах со сложными климатическими, географическими, экологическими условиями, инфраструктурными ограничениями. Освоение таких месторождений требуют новых механизмов геолого-экономической оценки организационного освоения на основе ряда характеристик.

На примере медно-порфировых месторождений России проведен комплексный анализ геолого-экономической оценки освоения таких месторождений и предложен механизм организационного совершенствования их освоения. Проведенный анализ позволяет выделить последовательность и приоритетность на основе обобщающих факторов их применения к отдельному объекту.

Для повышения уровня геолого-экономической эффективности использования моделей разработки медно-порфировых месторождений необходимо определить значения индикаторов инвестиционной привлекательности месторождений для выстраивания градации приоритетов в финансировании и ранжирования участков месторождений для максимизации экономической эффективности.

Совершенствование экономического обоснования организации освоения больших запасов меди и попутных элементов — повышает экономическую эффективность эксплуатации медно-порфировых месторождений, создавая крупные и долгодействующие горнорудные предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кимельман С. А. Новая экономическая модель развития минерально-сырьевой и промышленно-перерабатывающей отраслей (предложения в решение Экспертной группы № 1 по обновлению «Стратегии — 2020») / С. А. Кимельман. — 20 с.
2. Повышение экономической эффективности разработки рудных месторождений при комплексном освоении недр. — Интернет-ресурс. — Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-ekonomicheskoy-effektivnosti-razrabotki-rudnyh-mestorozhdeniy-pri-kompleksnom-osvoenii-nedr>

3. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2015 году : государственный доклад / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. — М., 2016. — 341 с.

4. Ефимов В. И. Методологический подход к моделированию процессов природопользования / В. И. Ефимов, О. С. Коробова, С. М. Попов, Н. В. Ефимова // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. — 2017. — № 4. — С. 18—27.

5. Мясков А. В. Методические основы формирования направлений использования техногенного минерального сырья / А. В. Мясков, С. М. Попов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). — 2015. — № S1. — С. 157—166.

6. Алтушкин И. А. Опыт освоения месторождений медно-порфирового типа на Урале / И. А. Алтушкин, В. В. Левин, А. В. Сизиков, Ю. А. Король. — Екб. : Горное дело, 2017. — С. 641—648.

7. Преображенский Б. Г. Обеспечение устойчивости в развитии региональных промышленных систем / Б. Г. Преображенский, Т. О. Толстых, Н. В. Шмелева // Регион: системы, экономика, управление. — 2019. — № 2 (45). — С. 12—17.

8. Толстых Т. О. Формирование инновационной инфраструктуры как фактор конкурентоспособности региона / Т. О. Толстых // Научный альманах центрального Черноземья. — 2013. — № 3. — С. 28—32.

Российский государственный геологоразведочный университет, г. Москва

Десяткин А. С., соискатель кафедры экономики минерально-сырьевого комплекса

E-mail: aleksdes@mail.ru

Тел.: +7 9262862369

Анисимова А. Б., доцент кафедры экономика минерально-сырьевого комплекса

E-mail: ug26@list.ru

Тел.: +7 9035655433